台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(2):113–126 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202306_72(2).0003

研究報告

盆花文心蘭生理檢測模式之建立

賴思倫[1,*]　鍾淨惠[1]　邱健誠[2]　簡祥庭[2]　戴廷恩[3]

摘要

賴思倫、鍾淨惠、邱健誠、簡祥庭、戴廷恩。2023。盆花文心蘭生理檢測模式之建立。台灣農業研究 72(2):113–126。

文心蘭盆花品種繁多，花形及花色多樣性多來自於屬間或種間雜交，其生育特性之歧異度常造成生產管理上之困擾，而少量引入試種的方式更是耗費生產成本，於適種品種的篩選效率上亦差。本研究針對文心蘭盆花品種 (系) 自行設計檢測系統進行生理特性檢測據以推估植株最適栽培環境條件，並同時以不同環境場域實際栽培作為比較。檢測結果受測品種 *Colmanara* Massai ‘White’ 為日夜溫 25/25℃均溫型、光強度約 200 μmol m^{-2} s^{-1}。*Miltonidium* Rosy Sunset 為日夜溫 25/25℃均溫型，光強度約 400 μmol m^{-2} s^{-1}。*Odontobrassia* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’ 為日夜溫 26/20℃，光強度約 300 μmol m^{-2} s^{-1}，檢測結果與實際場域栽培結果相符，以反應曲面為基礎之生理檢測系統所呈現的特性趨勢，可作為栽培管理調整時的參考依據，同時也可大幅縮短業者試種摸索時間，加快業者篩選試種品種速度。

關鍵詞：反應曲面法、文心蘭、全株量測、光合作用。

前言

文心蘭亞族 (Oncidinae Subtribe) 原生於中南美洲全境，氣候由熱帶雨林至與草原交界的闊葉林帶，分布範圍從海平面到高海拔的冷涼地區，約有 600 種 (Karasawa 1989)。

文心蘭依生長習性主要為附生蘭及少數地生蘭，依葉片型態可分為厚葉系、棒狀葉系、扇型葉系、具假球莖厚葉系及具假球莖薄葉系等五種類，大小及葉姿均具不同變化，而不同葉片系統間植株的生育習性並不相同，現行商業栽種以具假球莖薄葉系為主流。除了葉型上的差異外，在分類學上文心蘭屬 (*Oncidium*) 為樹蘭亞科下最大的一屬，約有 300 個原生種，齒舌蘭屬 (*Odontoglossum*) 約 60 個原生種，蜘蛛蘭屬 (*Brassia*) 約 40 個原生種，其他另有堇花蘭屬 (*Miltonia*)、凹唇蘭屬 (*Comparettia*) 及茹氏蘭屬 (*Rodriguezia*) 等 (Senghas 2002)。除各屬不同種外，自然或人為的屬間雜交，創造出各種不同花色，花徑涵蓋了小輪、中輪及大輪花等各種不同類型，觀賞期長，部分品種更具香氣。多種的屬間遺傳背景，造就品種的多樣性，但卻使得文心蘭盆花的生長特性更為多樣，也更加難以掌握這些新興品種的生育特性。

台灣蘭花早期受限於裸根才能出口，剝除介質所造成的物理損傷、於貯運時的黑暗環境及失水，導致植株存活率低且恢復期長 (Lin & Lin 2005)。自 2016 年起美國核准台灣的文心蘭盆花可附帶介質輸美，對於文心蘭盆花產業來說，無疑是一項利多。然文心蘭盆花商業品種繁多，相較於已發展蓬勃多年的切花產業，盆花的生育特性及相關栽培管理知識相對缺乏，品種間對於生長環境的需求差異甚大。若能依據不同品種的生理特性進行分群，設定明確的栽培條件，便可依品種需求提供適當栽

投稿日期：2022 年 10 月 24 日；接受日期：2023 年 1 月 12 日。
[*] 通訊作者：alinkarose@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所花卉研究中心助理研究員。台灣 雲林縣。
[2] 農委會農業試驗所花卉研究中心計畫助理。台灣 雲林縣。
[3] 農委會農業試驗所花卉研究中心研究員兼中心主任。台灣 雲林縣。

培環境，提升植株品質的穩定性與縮短生長時間；相關資料的建立，亦可加深進口國後續栽培業者對台灣盆花文心蘭的信心。

台灣雖在蘭花育種能力強，但對於如何提供適合栽培及開花等環境條件及品種的生長特性卻不夠瞭解 (Chen & Lin 2012)，無法提供國內外後續接手栽培的廠商甚至終端消費者完整的栽培資訊。Chen *et al*. (2012) 指出，在不同環境條件下栽培的植株，其性狀之表現即可能有所不同。針對此問題，行政院農業委員會農業試驗所花卉研究中心以光合作用過程中，植物在不同生長環境下的氣體交換特性 (Shen *et al*. 2010) 為基礎，搭配反應曲面分析法 (respond surface methodology; RSM) (此分析法係結合統計方法中的迴歸分析、實驗設計及數據契合法，依試驗所得的數據，建構系統的函數關係) (Chang 2002) 進行蘭花生理檢測技術之開發。檢測系統的核心概念，係以非破壞性的方式，連續監測受測植株在各環境條件下其光合作用能力的變化，因二氧化碳 (CO_2) 為光合作用時的必要原料，所以可透過 CO_2 的變化量反推光合作用效率。開放式氣體循環檢測，可以應用於長期的氣體變化量測，並與單一葉片光合作用量測方法互補。利用複合量測箱，更可以重複量測或是同時比較不同環境或栽培處理對於作物生育因子之影響。(van Iersel & Bugbee 2000)，所以光合作用研究者常針對實驗需求自行設計適合的系統 (Akers *et al*. 1985; Knight *et al*. 1988; Dai 1991; Miller *et al*. 1996; van Iersel & Bugbee 2000; Klingeman *et al*. 2005; Chen & Lin 2012; He & Li 2014)。由於影響光合作用的環境因子繁多，逐一檢測除了拉長試驗時間外，同時植株生長勢差異亦增加實驗誤差。RSM 是一結合統計分析與實驗設計的技術，透過有系統的實驗，搜尋反應的最適化條件 (Wu 2008)，具有下列優點：(1) 減少試驗次數，當條件因子愈多時，效果愈顯著；(2) 可同時探討數個因子，及因子間的交感作用，可知悉各因子對反應值的貢獻程度；(3) 藉由曲面圖，可快速得知最適化條件。其原理是利用實驗設計來進行有系統的條件挑選，再依控制條件 (自變數 x) 與反應值 (依變數 y) 來建立關係函數 $y = f(x_1, x_2, \cdots, x_n) + \varepsilon$ (ε 為反應值的誤差)，藉由函數在一定條件範圍內預測出來的結果，繪製成反應曲面圖協助判斷最適條件的範圍 (Liu & Peng 2002)。透過定量的試驗結果預測條件範圍內達成最適結果的條件，取代逐一試驗，可以用最少的試驗次數來達成目的 (Su 2005)。此法目前已廣泛應用在食品發酵、化學工業及生物科技等領域 (Chen & Peng 1996; Liu & Peng 2002; Hsu & Hung 2005; Liyana-Pathirana & Shahidi 2005; Wu 2008; Chiu *et al*. 2013)。

本研究之目的在於利用自行設計的檢測設備並配合 RSM 之應用，針對文心蘭盆花品種進行生理特性檢測，推估植株最適栽培環境條件，同時以不同環境場域實際栽培作為比較評估方法學的可行性，期望檢測資料可提供並協助國內業者乃至於國外接力栽培的廠商，確認各品種較適當的栽培環境條件，提升種苗品質穩定度。

材料與方法

文心蘭盆花品種材料及栽培環境設定

試驗所使用的文心蘭盆花品種如下：*Colmanara* Massai ‘White’、*Miltonidium* Rosy Sunset 及 *Odontobrassia* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’，共 3 個品種，分別購自明翠谷蘭園 (台灣南投縣)、王世杰先生及三欣園藝 (台灣雲林縣)，植株規格統一為 2.5 吋 1 球帶 1 未展葉新芽，葉芽抽出約 5 cm。植株放置於日/夜溫約為 32/27℃的溫室中馴化，1 wk 後分批進行檢測。

葉面積之估算，參考 Lin & Lee (1988) 方式。取新芽形成假球莖後由上向下之第 2 葉，共 10 株，量測葉片最大長度 (基部至葉尖長度) 以及最大寬度，並以葉面積儀 (LI-300A, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) 實際量測葉面積，帶入算式求得 K 值為 0.77，得到葉面積估算值 (cm^2) = 長 × 寬 × 0.77。將實際平均葉面積與估算平均葉面積值進行直線迴歸，其迴歸方程式之係數及決定係數 (R^2) 等在統計分析上皆具存在意義 (圖 1)，表示利用所建立之估算模式估計而得之葉面積估算值與實際葉面積頗為接近，故試驗葉面積皆以該方式估算。量

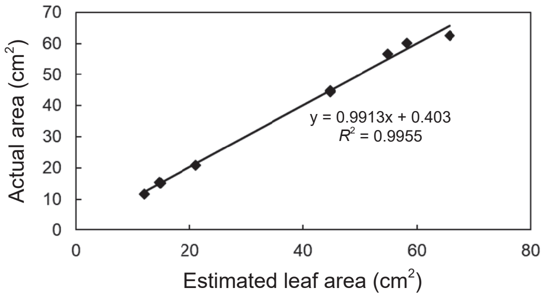

圖 1. 以共同常數估值估算之葉面積與實際葉面積之直線迴歸。

Fig. 1. Relationship between actual and pooled estimated leaf area (max. length × max. width × 0.77) for examining the adequacy of the estimated model.

取總葉面積後再平均分組，減少因葉面積差造成的組間影響。

文心蘭盆花品種營養生長最佳需求條件測試

光合作用效率採用全株 CO_2 交換量為監測依據，檢測系統參考 Ciou *et al*. (2015) 方法，再依文心蘭作物需求及儀器特性進行調整，試驗條件日溫、夜溫及光強度之設定範圍如下：日溫 (D) 25–30℃，夜溫 (N) 20–25℃，光度 (L) 200–400 μmol m^{-2} s^{-1}。

整體系統設計為，以密閉型壓克力箱 (內徑長 × 寬 × 高約 = 60 cm × 50 cm × 30 cm) 作為植株試驗空間，並連續監測壓克力箱內進氣端 CO_2 濃度與出氣端 CO_2 濃度變化。為達到試驗期間所需之不同日溫、夜溫與光度需求，壓克力箱置於生長箱 (FH-130, HIPOINT Company, Kaohsiung, Taiwan) 內，透過生長箱間接控制試驗所需的溫度、濕度及光照，溫度控制精度 ± 0.5℃ (25℃時)，濕度控制精度 ± 3% (80%，25℃時)，光週期為 12 h，日夜變化轉換期設定 1 h 之內模擬日照平均漸亮及漸暗。光度系由生長箱內燈管開啟數量進行調整，光度值以光度計 (LI-1400, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA) 測量壓克力箱中間位置，監測植株最上位葉高度的光強度。

本試驗設計需長時間監測 CO_2 變化，故採用開放式氣體循環系統，為避免因人為活動對大氣 CO_2 濃度造成的影響，取氣口的位置位於溫室外，距地面高約 5 m 處，以抽氣馬達 (ACO-818, Zhejiang Sensen Industry Co., Ltd, Ruian, China) 經流量計 (flow meter, RMA-22-SSV 與 RMA-26-SSV, Dwyer Instruments, Inc., Michigan, IN, USA) 將氣體送入生長箱內，進入箱內的流率約 13–15 L min^{-1}。再以馬達 (TA-318 與 TA-388D, TAKAOKA, Tokyo, Japan) 抽取生長箱及壓克力箱空氣，流率流量分別控制在約 2 及 9 L min^{-1}，以二氧化碳/水汽分析儀 (CO_2/H_2O analyzer, LI-840A, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA) 測定二氧化碳濃度。

影響植物生理的因子繁多，考量目前溫室可以有效控制的環境因子後，選定日溫、夜溫及光強度為本試驗主要檢測因子，探討對各品種最適環境條件組合。利用 Design-Expert 軟體 (DX10, V10.0.0.3, Stat-Ease, Inc. Minneapolis, MN, USA)，採用中央合成設計 (central composite design; CCD) 組合試驗條件，試驗變數及位準設計如表 1。試驗條件及組合中有 8 組複因子試驗點及 6 個軸上點，中心點採 4 重複，合計有 18 組試驗條件 (表 2)。每組試驗條件，以 5 株為 1 組置放於同一生長箱壓克力箱中，每次試驗前 1 d 均充分給水，每

表 1. 試驗變數及位準設計。

Table 1. Coded levels for the independent variables.

	Level		
Independent variable	Symbol	Coded	Uncoded
Day temperature (℃)	D	-1.68	26
		-1.00	28
		0.00	31
		1.00	33
		1.68	35
Night temperature (℃)	N	-1.68	21
		-1.00	23
		0.00	26
		1.00	28
		1.68	30
Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	L	-1.68	80
		-1.00	125
		0.00	185
		1.00	225
		1.68	300

表 2. 試驗設計及條件組合。

Table 2. The arrangement and responses of central composite design.

No.	Day (℃)	Night (℃)	Light (μmol m^{-2} s^{-1})
1	30.0	25.0	400
2	30.0	20.0	400
3	23.3	22.5	300
4	25.0	20.0	200
5	27.5	22.5	468
6	30.0	25.0	200
7	27.5	18.3	300
8	31.7	22.5	300
9	30.0	20.0	200
10	25.0	25.0	200
11	27.5	22.5	300
12	25.0	25.0	400
13	27.5	22.5	300
14	27.5	26.7	300
15	27.5	22.5	132
16	25.0	20.0	400
17	27.5	22.5	300
18	27.5	22.5	300

4 min 記錄 1 次數據，累計計算淨二氧化碳交換量，單位葉面積之光合作用速率依 Long & Hällgren (1985, 1993) 所提之方法計算。

文心蘭盆花品種營養生長實際栽培測試

相同品種規格之植株，同時放置於台中新社溫室及雲林古坑網室兩處設施進行實際栽培，作為業者試種栽培模擬，調查其生長達外銷規格 (2 球 1 芽，芽體高度達前一代 1/3 高) 所需時間，以及假球莖之大小。每品種每區域各 15 株，並放置光度溫度紀錄器 (HOBO Data Loggers, Onset Computer Corporation, Pocasset, MA, USA) 記錄栽培全時期之環境，試驗調查時間為 2016 年 6 月至 2017 年 5 月。

結果

以日溫、夜溫及光強度為檢測條件利用 RSM 來量測不同環境下植物二氧化碳氣體交換能力以評估生理特性需求，此方法於蝴蝶蘭品種檢測上已獲得驗證 (Ciou *et al*. 2015)。然本研究所使用之文心蘭盆花均為帶有假球莖複莖型品種，與蝴蝶蘭為單莖無假球莖型蘭花不同，其綠色之新舊假球莖是否會干涉品種特性預測結果為主要關鍵。Hew & Yong (1994) 發現，文心蘭切花品種 *Oncidium* Goldiana 的假球莖雖含有高量的水分以及葉綠素，但因其外表附有角質層，因此無論是光照或是黑暗環境下，均無法觀察到有明顯的氣體交換現象。故本研究於計算產生氣體交換的總面積上，將假球莖忽略不計。

文心蘭盆花品種營養生長最佳需求條件測試

C. Massai ‘White’ 品種變方分析表中日溫 (P = 0.0059) 與夜溫 (P = 0.01) 皆達到顯著水準，其中又以日溫影響較大，顯示該品種對於溫度較為敏感，而光強度對於該品種無顯著影響之影響則較低 (P = 0.9465)，顯示該品種對於光度要求範圍較廣 (表 3)，於反應曲面圖的表現上，於 200–400 μmol m^{-2} s^{-1} 不同光度下，反應曲面趨勢以及光合作用效率的數值皆無顯著變化，但仍以 200 μmol m^{-2} s^{-1} 光度下之光合作用效率最高，溫度表現上，則皆可觀察到以日夜溫皆為 25℃的均溫環境下所展現的光合作用效率最高，且當日溫愈高，光合作用效率明顯變差，於日夜溫差變化上，光合作用效率亦會隨著日夜溫差加大而下降 (圖 2)，由以上結果，推論 *C.* Massai ‘White’ 之最適生長環境條件為光度 200 μmol m^{-2} s^{-1}，日夜溫環境條件則為 25/25℃均溫型。

M. Rosy Sunset 品種的變方分析結果，顯示日溫 (P = 0.0490)、光強度 (P = 0.0515)、日夜溫度與光強 (P = 0.0165)，以及夜溫與光強間有交感作用存在 (P = 0.0173)，屬於多因子交互影響敏感型品種 (表 4)。受到多因子交互影響，於反應曲面表現上，不同光度環境下之曲面差異極大，當光度為 200 μmol m^{-2} s^{-1} 時，品種對於低夜溫之需求較高，而隨著光度提升，對於夜溫的耐受性亦逐漸提高，但於日溫要求上，仍以 25℃之表現優於高溫 30℃ (圖 3)，整體而言，*M.* Rosy Sunset 之最適生長環境條件為光度 400 μmol m^{-2} s^{-1}，日夜溫環境條件則為 25/25℃均溫型。

表 3. 反應曲面線性模組的變方分析表 (*Colmanara* Massai 'White')。
Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for response surface (*Colmanara* Massai 'White').

Source	Sum of squares	*df*	Mean square	*F*	*P*-value Prob > *F*	Result
Model	23.45	10	2.34	6.14	0.0293	significant
A-day	8.02	1	8.02	21.00	0.0059	
B-night	6.20	1	6.20	16.25	0.0100	
C-light	1.896E-003	1	1.896E-003	4.968E-003	0.9465	
AB	1.15	1	1.15	3.00	0.1437	
AC	2.211E-003	1	2.211E-003	5.792E-003	0.9423	
BC	0.56	1	0.56	1.47	0.2793	
A^2	0.12	1	0.12	0.30	0.6053	
B^2	6.03	1	6.03	15.79	0.0106	
C^2	0.050	1	0.050	0.13	0.7310	
ABC	0.42	1	0.42	1.10	0.3419	
Residual	1.91	5	0.38			
Lack of fit	1.81	4	0.45	4.39	0.3418	not significant
Pure error	0.10	1	0.10			
Cor total	25.36	15				

O. Kenneth Biven 'Santa Barbara' 品種的變方分析結果，以夜溫 (P = 0.0348) 與光強度 (P = 0.0035) 為顯著的影響因子，其中光強度影響程度高於夜溫，光強超過 300 μmol m^{-2} s^{-1} 時，光合作用效率明顯提升 (表 5)。於反應曲面圖上，可明確顯示光強度對於光合作用效率的影響，光合作用效率由 200 μmol m^{-2} s^{-1} 起隨光強增強，至 300 μmol m^{-2} s^{-1} 達最高後，隨光強增強而遞減；於溫度表現上，光合作用效率隨溫度升高而下降，相同日溫下，夜溫的上升所造成的光合作用效率降幅大於相同夜溫下日溫提高所造成之影響 (圖 4)。綜合上述結果，推測 *O.* Kenneth Biven 'Santa Barbara' 應適合栽種於中光 300 μmol m^{-2} s^{-1} 左右，日溫 25–28℃，夜溫 20–22℃的環境。

根據本研究之預測結果，推估 *C.* Massai 'White' 的最佳生長條件為日夜溫 25/25℃均溫型、光強度約 200 μmol m^{-2} s^{-1}。*M.* Rosy Sunset 的最佳生長條件為日夜溫 25/25℃均溫型，光強度約400 μmol m^{-2} s^{-1}。*O.* Kenneth Biven 'Santa Barbara' 的最佳生長條件為日夜溫 26/20℃、光強度約 300 μmol m^{-2} s^{-1} (表 6)。

文心蘭盆花品種營養生長實際栽培測試

於 2016 年 4 月至 2017 年 5 月，配合營養生長最佳需求條件測試同步將同品種同規格植株分別放置於新社溫室及古坑網室進行實際栽培測試，試驗期間兩地環境資訊如圖 5 及圖 6。

C. Massai 'White' 於 2016 年 6 月分別置於兩地進行栽培測試，新社溫室植株於 2016 年 11 月達可出貨規格，而古坑網室則延遲至 2017 年 4 月，比較兩地試驗期間環境差異，光度上，新社溫室平均光度可達 181 μmol m^{-2} s^{-1}，古坑網室則因使用遮蔭網降溫，平均光度僅為 72 μmol m^{-2} s^{-1}，正午最高平均光強度亦僅有 160 μmol m^{-2} s^{-1}，於溫度表現上，雖於生長週期平均上兩地差異不大，但透過每月環境變化觀測上可發現新社溫室之日夜均溫均低於古坑網室 (圖 5)，就生長速度上，古坑網室所需時間長達 309 d，為新社溫室的 1.6 倍 (表 7)。該結果與本研究之營養生長最佳需求條件測試結果日夜溫 25/25℃均溫型、光強度約 200 μmol m^{-2} s^{-1} 相符 (表 6)。

M. Rosy Sunset 於 2016 年 4 月開始分別置於新社溫室及古坑網室兩地進行栽培實際測試，

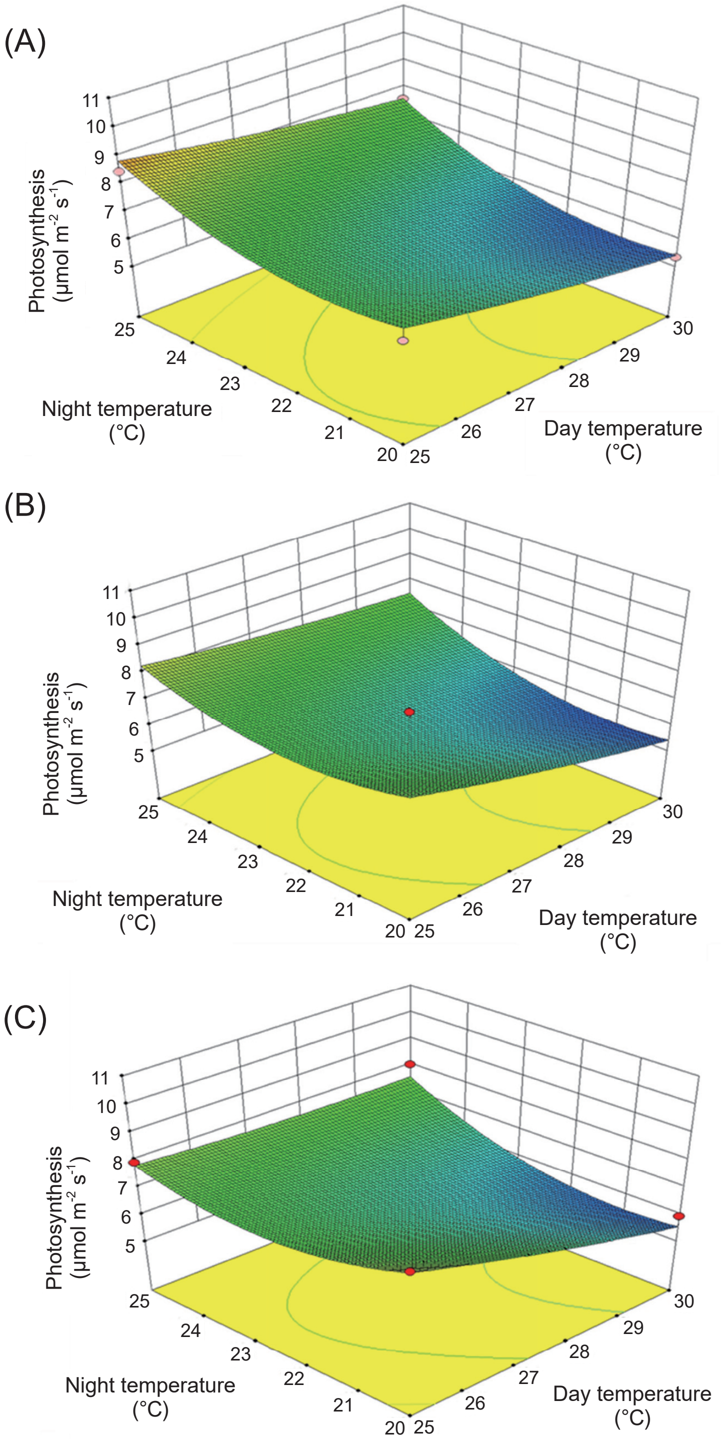

圖 2. 文心蘭盆花生理檢測反應曲面圖，*Colmanara* Massai 'White' (A) 200 μmol m^{-2} s^{-1}、(B) 300 μmol m^{-2} s^{-1} 及 (C) 400 μmol m^{-2} s^{-1}。

Fig. 2. Response surface plots plotted according to results of potted *Oncidium*, *Colmanara* Massai 'White' (A) 200 μmol m^{-2} s^{-1}; (B) 300 μmol m^{-2} s^{-1}; and (C) 400 μmol m^{-2} s^{-1}.

表 4. 反應曲面線性模組的變方分析表 (*Miltonidium* Rosy Sunset)。
Table 4. Analysis of variance (ANOVA) for response surface (*Miltonidium* Rosy Sunset).

Source	Sum of squares	*df*	Mean square	*F*	*P*-value Prob > *F*	Result
Model	81.00	10	8.10	4.77	0.0249	significant
A-day	9.61	1	9.61	5.66	0.0490	
B-night	5.37	1	5.37	3.16	0.1185	
C-light	9.33	1	9.33	5.50	0.0515	
AB	4.15	1	4.15	2.45	0.1619	
AC	3.18	1	3.18	1.87	0.2136	
BC	16.35	1	16.35	9.63	0.0173	
A^2	4.86	1	4.86	2.86	0.1345	
B^2	3.53	1	3.53	2.08	0.1925	
C^2	13.35	1	13.35	7.86	0.0264	
ABC	16.70	1	16.70	9.83	0.0165	
Residual	11.89	7	1.70			
Lack of fit	10.38	4	2.59	5.16	0.1045	not significant
Pure error	1.51	3	0.50			
Cor total	92.89	17				

兩地生長勢皆於 2016 年 11 月達出貨規格，兩地於試驗期間平均光度均低於200 μmol m^{-2} s^{-1}，僅新社溫室於中午最強光度平均可勉強達近 300 μmol m^{-2} s^{-1}，於溫度表現上，兩地日均溫差異不大，但均高於營養生長最佳需求條件所測得 25℃，然新社溫室因其海拔較高，夜均溫較古坑地區低約 3℃，且整體環境上相較古坑網室較為高光，雖達可出貨規格天數無明顯差異，但於假球莖之周徑上，新社溫室所栽培假球莖周徑可達 89.63 mm，約古坑網室的 1.5 倍 (表 8)，與營養生長最佳需求條件測試結果日夜溫25/25℃均溫型，光強度約400 μmol m^{-2} s^{-1} 相符 (表 6)。

O. Kenneth Biven ‘Santa Barbara’ 於2016年 8 月分別置於新社溫室及古坑網室兩地進行栽培，生長勢上分別於 2017 年 4 月與 5 月達出貨規格，因試驗期間適逢台灣冬季，試驗兩地於日夜均溫上差異不大，光度則普遍較低，即便是中午最強光度平均也都低於200 μmol m^{-2} s^{-1}，但新社溫室日間光強度平均為古坑網室的 2 倍，於當代假球莖周徑上尺寸優於古坑網室栽培者，達出貨規格所需天數亦較古坑網室提早約 3 wk (表 9)，而其光強度對於品質上所造成之差異，亦與營養生長最佳需求條件測試結果日夜溫 26/20℃、光強度約 300 μmol m^{-2} s^{-1} 相符 (表 6)。

討論

一般在探討環境因子對植物的生長影響時，多採用複因子試驗 (factorial design) 來進行 (Wallace *et al*. 1984; Rym *et al*. 2010)。本次試驗同時探討日溫、夜溫及光強 3 個變數，加上 5 層級便有 125 個試驗組合，每個試驗條件連續監測 48 h，要將近 8 個多月的時間，即便使用多組生長箱設計，仍無法將試驗時程縮短至符合實際需求，同時隨試驗時間的拉長與試驗植株組數增加，增加了因生長與組間差異所造成的誤差。同時還必須考慮到因子之間的交感作用 (Liyana-Pathirana & Shahidi 2005)，因此複因子試驗非可行方式。利用 RSM 透過有系統的實驗，在各因子介定的範圍內搜尋反應的最適化條件的分析方式，可在 14 d 左右完成 1 個品種的生理特性分析，大幅縮短了檢測時間。利用 DX10 內建的不同的分析模型，不單只可得知進行試驗的日溫、夜溫及光度對品種的影響性外，亦可得知 3 個因子之間的相

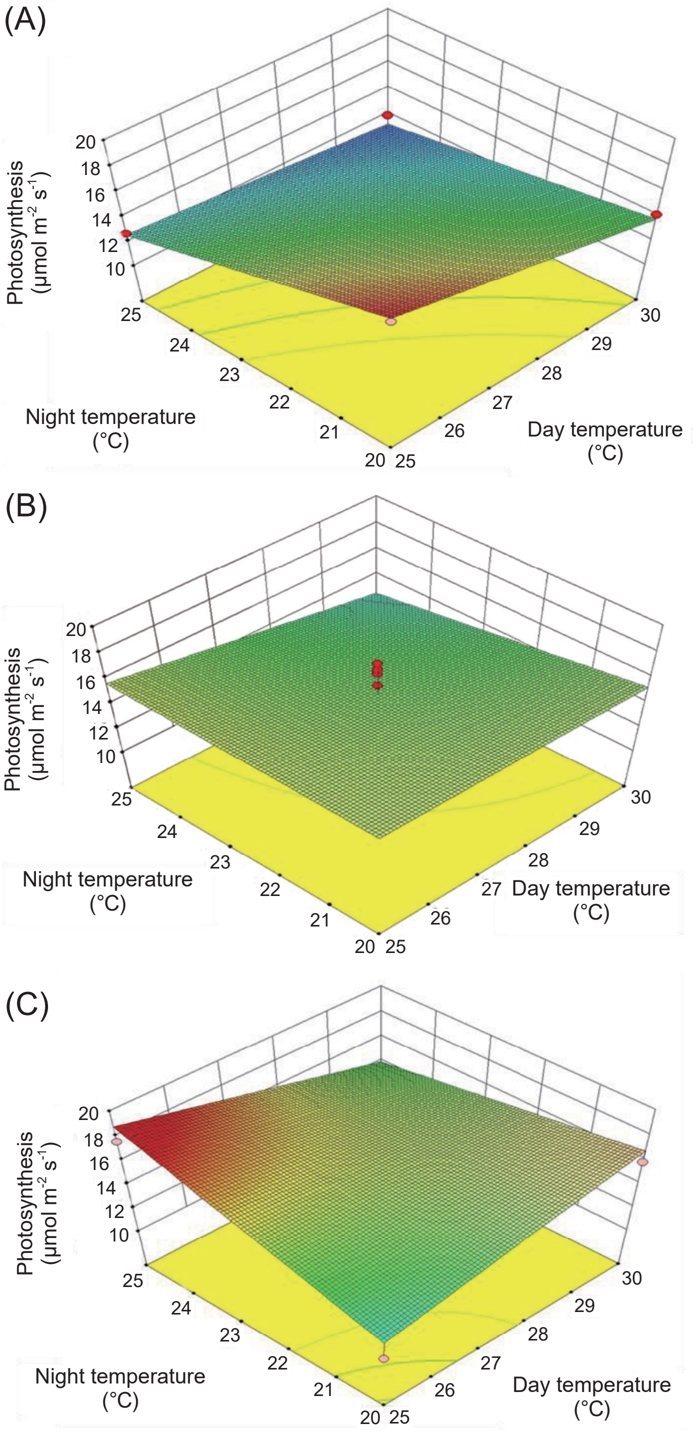

圖 3. 文心蘭盆花生理檢測反應曲面圖，*Miltonidium* Rosy Sunset (A) 200 µmol m^{-2} s^{-1}、(B) 300 µmol m^{-2} s^{-1} 及 (C) 400 µmol m^{-2} s^{-1}。

Fig. 3. Response surface plots plotted according to results of potted *Oncidium*, *Miltonidium* Rosy Sunset (A) 200 µmol m^{-2} s^{-1}; (B) 300 µmol m^{-2} s^{-1}; and (C) 400 µmol m^{-2} s^{-1}.

表 5. 反應曲面線性模組的變方分析表 (*Odontobrassia* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’)。
Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for response surface (*Odontobrassia* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’).

Source	Sum of squares	*df*	Mean square	*F*	*P*-value Prob > *F*	Result
Model	141.12	10	14.11	5.77	0.0148	significant
A-day	5.72	1	5.72	2.34	0.1699	
B-night	16.69	1	16.69	6.82	0.0348	
C-light	45.75	1	45.75	18.70	0.0035	
AB	4.65	1	4.65	1.90	0.2104	
AC	0.54	1	0.54	0.22	0.6539	
BC	6.94	1	6.94	2.84	0.1360	
A^2	21.72	1	21.72	8.88	0.0205	
B^2	2.91	1	2.91	1.19	0.3118	
C^2	40.85	1	40.85	16.70	0.0047	
ABC	8.39	1	8.39	3.43	0.1064	
Residual	17.12	7	2.45			
Lack of fit	13.53	4	3.38	2.82	0.2103	not significant
Pure error	3.60	3	1.20			
Cor total	158.25	17				

互交感比重作用及是否有交感作用存在，提高對數據的解析能力，從中獲得更多有關該品種的生長特性。

本次試驗的文心蘭品種中，日溫的範圍均在 25–26℃之間，夜溫則可分為 2 群，分別為約 20 ℃的 *O.* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’，約 25℃的有 *C.* Massai ‘White’ 與 *M.* Rosy Sunset。顯示試驗的品種多喜歡較冷涼的日夜溫環境，適宜溫度的範圍則依品種而定。光度的部分可分為強光型 *M.* Rosy Sunset (400 μmol m^{-2} s^{-1})、中光型 *O.* Kenneth Biven ‘Santa Barbara’ (300 μmol m^{-2} s^{-1}) 以及低光型 *C.* Massai ‘White’ (200 μmol m^{-2} s^{-1}) (表 6)。

實際栽培測試的調查結果，比較古坑網室與新社溫室兩試驗地之差異，本試驗地點新社溫室海拔約 585 m，於先天環境上，日夜溫均較古坑試驗網室低 (圖 5)，於光度部分，則是新社溫室高於古坑網室，又以 6–8 月之光度差異最為明顯 (圖 6)，古坑網室於夏季時，設施內高溫可達 35℃以上，而高溫會抑制文心蘭光合作用的進行。根據前人研究指出，文心蘭切花品種於台灣 2–6 月以及 9–11 月之光合作用為雙峰類型，即光合作用在午間有午休現象 (midday depression)，而隨著溫度升高，會加劇午休現象的發生；7 月時，當葉溫超過 40℃，淨光合作用甚至會下降接近於零 (Lu 2010)。為了減輕高溫傷害，古坑網室於夏季栽培時，常以遮蔭網等輔助方式降溫，而遮蔭網雖然可阻絕陽光照射降低溫度，但也相對犧牲光度 (圖 6)。光合作用為植物獲取能源的主要途徑，而假球莖為文心蘭的重要貯藏器官，儲存水分、礦物質及碳水化合物 (He 2018)。也因此可見於本試驗中，除了兩地溫度差異影響之外，光度上的明顯落差，使得古坑網室內所栽植之文心蘭假球莖周徑皆不如新社溫室。而於品種生理特性判斷上，於實際栽培上便可見其問題，除了栽培時間冗長 (190–309 d)，更存有更多不穩定之影響因子，如降溫採取措施、病蟲害發生或是劇烈氣候變化等，皆有可能影響最終測試結果。

比較生理檢測系統以及實際栽培測試結果，生理檢測系統可大幅縮短試種時間且比實際種植更能有效掌握受測品種之最適生長條件。檢測結果顯示文心蘭盆花品種 (系) 之生理特性不盡相同，而反應曲面圖所呈現的特性趨勢，可以提供栽培管理調整時的參考依據。

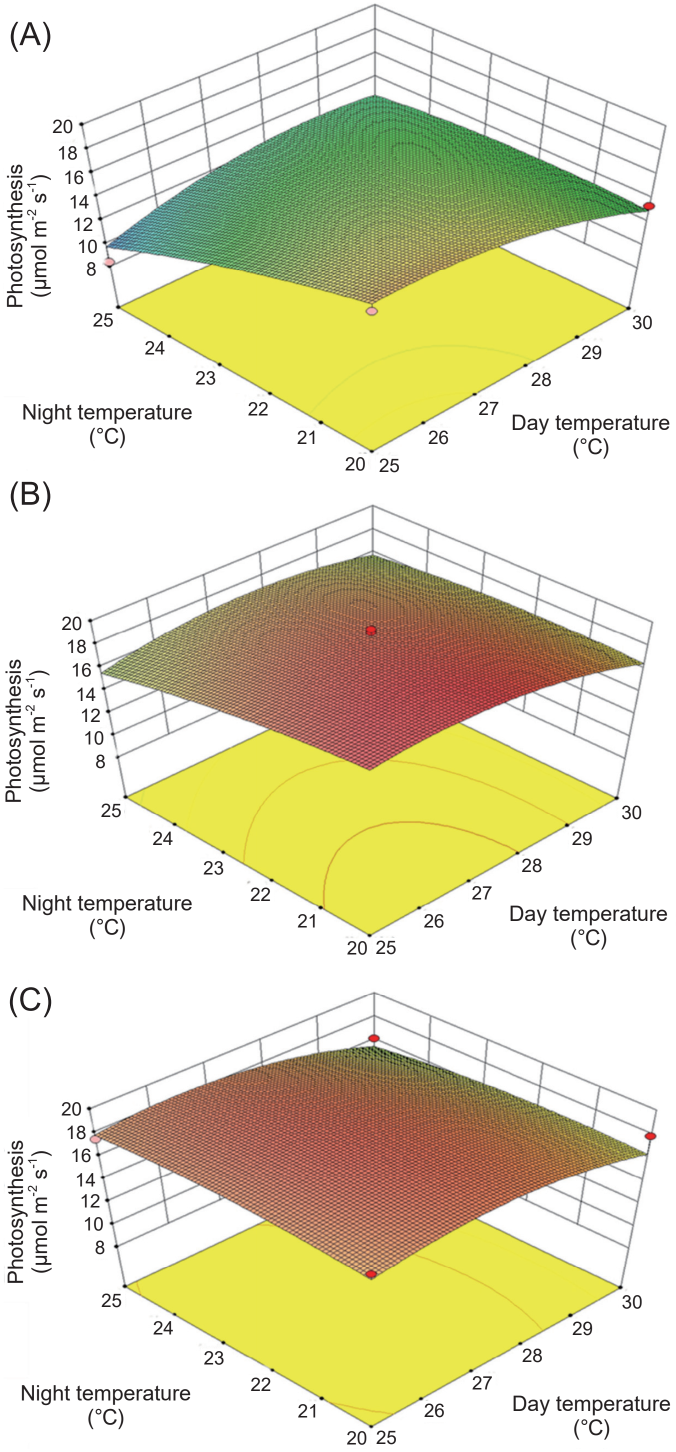

圖 4.　文心蘭盆花生理檢測反應曲面圖，*Odontobrassia* Kenneth Biven 'Santa Barbara' (A) 200 µmol m^{-2} s^{-1}、(B) 300 µmol m^{-2} s^{-1} 及 (C) 400 µmol m^{-2} s^{-1}。

Fig. 4.　Response surface plots plotted according to results of potted *Oncidium*, *Odontobrassia* Kenneth Biven 'Santa Barbara' (A) 200 µmol m^{-2} s^{-1}; (B) 300 µmol m^{-2} s^{-1}; and (C) 400 µmol m^{-2} s^{-1}.

表 6. 以反應曲面法推算之文心蘭各品種系最適條件設定值。

Table 6. The optimum condition of each oncidium variety predicted by the response surface methodology.

Cultivar	Day temperature (℃)	Night temperature (℃)	Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})
Colmanara Massai 'White'	25	25	200
Miltonidium Rosy Sunset	25	25	400
Odontobrassia Kenneth Biven 'Santa Barbara'	26	20	300

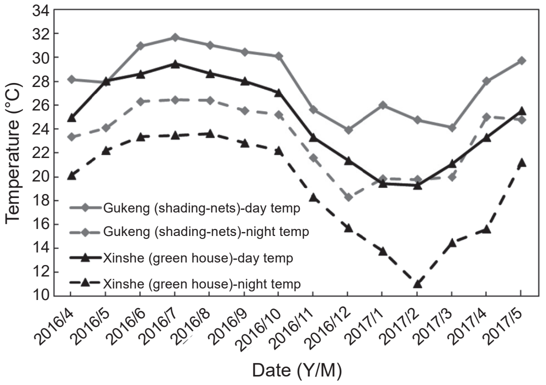

圖 5. 試驗期間測試地區溫度變化。

Fig. 5. Temperature changes in the test area during the experiment.

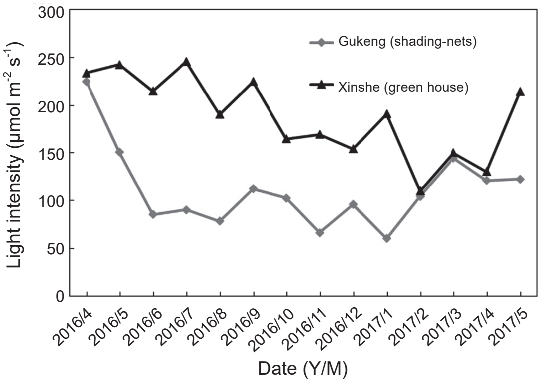

圖 6. 試驗期間測試地區光度變化。

Fig. 6. Changes in the luminosity of the test area during the experimental period.

表 7. 不同環境下文心蘭盆花品種 *Colmanara* Massai 'White' 實際生長情形。

Table 7. Actual growth of *Colmanara* Massai 'White' in different environments.

Item	Gukeng shading-nets	Xinshe greenhouse
Day/night temperature (℃)	27.2/21.7	26.7/22.8
Average light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	72	181
Light intensity in the midday (μmol m^{-2} s^{-1})	160	264
Days of reach specification (d)	309	190
Pseudobulb circumference (mm)	88.04	82.76

表 8. 不同環境下文心蘭盆花品種 *Miltonidium* Rosy Sunset 實際生長情形。

Table 8. Actual growth of *Miltonidium* Rosy Sunset in different environments.

Item	Gukeng shading-nets	Xinshe greenhouse
Day/Night temperature (℃)	29.5/25.1	28.0/22.6
Average light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	119	196
Light intensity in the midday (μmol m^{-2} s^{-1})	186	295
Days of reach specification (d)	196	199
Pseudobulb circumference (mm)	62.16	89.63

表 9. 不同環境下文心蘭盆花品種 *Odontobrassia* Kenneth Biven 'Santa Barbara' 實際生長情形。

Table 9. Actual growth of *Odontobrassia* Kenneth Biven 'Santa Barbara' in different environments.

Item	Gukeng shading-nets	Xinshe greenhouse
Day/night temperature (℃)	25.5/22.0	24.4/20.7
Average light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	71	153
Light intensity in the midday (μmol m^{-2} s^{-1})	167	173
Days of reach specification (d)	245	266
Pseudobulb circumference (mm)	101.43	112.18

但本試驗是以生長箱模擬控制進行，日夜溫及光環境與實際自然及溫室環境並不完全相同，因此儘管試驗的結果可以推估可能的理想條件設定值，但仍必須持續進行試驗，同時配合業者實際栽培觀察反覆驗證，以累積足夠的檢測經驗及品種特性數據。

透過分析檢測，可在短時間內獲得品種的生理特性，在引種之初就進行評估，減少因現行需實際種植後方能知道該品種適不適合，而造成的時間與成本上的浪費。而就現有的品種而言，可釐清當生長狀況不佳時，是因管理肥培上的問題，還是環境上的問題；依檢測結果進行分群，避免將生長特性差異甚大的品種種植於同一環境中，提高植株良率並降低生產過程中無效的環境控制所產生的費用，進而降低生產成本。並提供後續接力栽培業者在挑選上與種植過程中的參考依據，而達到互利的目標。

引用文獻

Akers, C. P., S. W. Akers, and C. A. Mitchell. 1985. The minitron system for growth of small plants under controlled environment conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:353–357.

Chang, H. M. 2002. Applications of response surface methodology in structural optimum designs. Master Thesis. Department of Industrial Engineering & Management Information, Huafan University. Taipei, Taiwan. 93 pp. (in Chinese)

Chen, C. and R. S. Lin. 2012. CO_2 uptake patterns in *Phalaenopsis amabilis*. Afr. J. Agric. Res. 7:128–141. doi:10.5897/AJAR11.1221

Chen, H. M., F. B. Lu, G. F. Zhu, J. X. Cao, Y. You, and W. F. Xiao. 2012. The planting performance of 17 *Phalaenopsis* varieties in Guangzhou and Linzhi. Guangdong Agric. Sci. 19:48–50. (in Chinese with English abstract)

Chen, J. J. and J. C. Peng. 1996. The study of extrudate's physical properties with response surface methodology. J. Agric. Mach. 5(3):29–39. (in Chinese with English abstract) doi:10.30062/JAM.199609.0003

Chiu, H. W., J. C. Peng, S. J. Tsai, J. R. Tsay, and W. B. Lui. 2013. Process optimization by response surface methodology and characteristics investigation of corn extrudate fortified with Yam (*Dioscorea* alata L.). Food Bioprocess Technol. 6:1494–1504. doi:10.1007/s11947-012-0894-6

Ciou, J. C., T. F. Hsieh, J. R. Tsay, and T. E. Dai. 2015. Determination of physiological parameters of *Phalaenopsis* cultivars by using response surface methodology. J. Taiwan Agric. Res. 64:122–134. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR/2015.06402.05

Dai, T. E. 1991. Fundamental studies on photosynthetic characteristics of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). Master Thesis. Department of Horticulture, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 103 pp. (in Chinese with English abstract)

He, J. 2018. Physiological roles of the green pseudobulb in tropical epiphytic orchids. Adv. Plants Agric. Res. 8:75–77. doi:10.15406/apar.2018.08.00295

He, M. H. and K. T. Li. 2014. The plastic tunnel system reduced irradiance, and whole plant photosynthesis and vegetative growth in strawberry cultivation. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 60:41–49. (in Chinese with English abstract)

Hew, C. S. and J. W. H. Yong. 1994. Growth and photosynthesis of *Oncidium* 'Goldiana'. J. Hort. Sci. 69:809–819. doi:1080/14620316.1994.11516517

Hsu, M. F. and W. L. Hung. 2005. Study on yam spread processing by response surface methodology. Bull. TYDARES. COA. 58:27–39. (in Chinese with English abstract) doi:10.29567/ZHWHGX.200512.0003

Karasawa, K. 1989. Orchid Atlas Vol. 7: *Oncidium/Miltonia*. Orchid Atlas Publishing Society. Tokyo, Japan. 290 pp. (in Japanese)

Klingeman, W. E., M. W. van Iersel, J. G. Kang, R. M. Augé, J. L. Moore, and P. C. Flanagan. 2005. Whole-plant gas exchange measurements of mycorrhizal "Iceberg" roses exposed to cyclic drought. Crop Prot. 24:309–317. doi:10.1016/j.cropro.2004.08.012

Knight, S. L., C. P. Akers, S. W. Akers, and C. A. Mitchell. 1988. Minitron II system for precise control of the plant growth environment. Photosynthetica. 22:90–98.

Lin, G. M. and N. Lee. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of *Phalaenopsis* leaves. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 34:73–80. (in Chinese) doi:10.6964/JCSHS.198803.0073

Lin, R. S. and Z. Y., Lin. 2005. *Phalaenopsis* plantlet handling techniques. p.131–148. *in*: Proceedings of A Symposium on Research and Application of Postharvest Technology of Horticultural Crops. October 1, 2004. Taichung, Taiwan. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Liu, M. C. and J. C. Peng. 2002. The study on the optimum operation conditions of tea roasting machine by using response surface methodology. J. Agric. Mach. 11:45–56. (in Chinese with English abstract) doi:10.30062/JAM.200203.0004

Liyana-Pathirana, C. and F. Shahidi. 2005. Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. Food Chem. 93:47–56. doi:10.1016/j.foodchem.2004.08.050

Long, S. P. and J. E. Hällgren. 1985. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. p.62–94. *in*: Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. 2^{nd} ed. (Coombs, J., D. O. Hall, S. P. Long, and J. M. O. Scurlock, eds.) Pergamon Press. Oxford, UK. 298 pp.

Long, S. P. and J. E. Hällgren. 1993. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. p.129–167. *in*: Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual. (Hall, D. O., J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhär-Nordenkampf, R. C. Leegood, and S. P. Long, eds.) Chapman and Hall. London, UK. 464 pp.

Lu, Y. C. 2010. Effects of environmental factors on photosynthesis and rubisco activity of *Oncidium* Gower Ramsey. Master Thesis. Department of Horticulture, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 108 pp. (in Chinese)

Miller, D. P., G. S. Howell, and J. A. Flore. 1996. A whole-plant, open, gas-exchange system for measuring net photosynthesis of potted woody plants. HortScience 31:944–946. doi:10.21273/HORTSCI.31.6.944

Rym, B. D., G. Nejeh, T. Lamia, Y. Ali, C. Rafika, G. Khemissa, A. Jihene, O. Hela, and B. O. Hatem. 2010. Modeling growth and photosynthetic response in *Arthrospira* platensis as function of light intensity and glucose concentration using factorial design. J. Appl. Phycol. 22:745–752. doi:10.1007/s10811-010-9515-9

Senghas, K. 2002. *Maxillaria* (Orchidaceae), un genre chaotique. Richardiana 2(1):29–38. (in Franch)

Shen, Z. G., C. Q. Chen, L. L. Wang, B. Jiang, and H. F. Lu. 2010. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of three *Dendrobium* species. Acta. Bot. Boreali-Occident Sin. 30:2067–2073.

Su, S. K. 2005. The application of response surface design on the complex network. Master Thesis. Graduate Institute of Statistics, National Central University. Taoyuan, Taiwan. 37 pp. (in Chinese)

van Iersel, M. W. and B. Bugbee. 2000. A multiple chamber, semicontinuous, crop carbon dioxide exchange system: Design, calibration, and data interpretation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125:86–92. doi:10.21273/JASHS.125.1.86

Wallace, L. L., S. J. McNaughton, and M. B. Coughenour. 1984. Compensatory photosynthetic responses of three African graminoids to different fertilization, watering, and clipping regimes. Botanical Gazette. 145:151–156. doi:10.1086/337440

Wu, C. L. 2008. Study on the optimal operation Conditions of pulping and hulling machine for coffee beans. Master Thesis. Department of Biomechatronic Engineering, National Chiayi University. Chiayi, Taiwan. 108 pp. (in Chinese with English abstract)

Establishment of Physiological Detection Model for Potted *Oncidium*

Szu-Lun Lai[1,*], Ching-Hui Chung[1], Jian-Cheng Ciou[2], Hsiang-Ting Jian[2], and Ting-En Dai[3]

Abstract

Lai, S. L., C. H. Chung, J. C. Ciou, H. T. Jian, and T. E. Dai. 2023. Establishment of physiological detection model for potted *Oncidium*. J. Taiwan Agric. Res. 72(2):113–126.

There are many varieties of potted oncidiums, and the diversity of flower shape and color comes from inter-generic and intra-generic hybridization. The differences in their reproductive characteristics often cause cultivation problems in the industry, the method of introducing a small amount of trial seeds is more cost-intensive, and the screening efficiency of suitable varieties is also poor. In this study, a self-designed detection system was used to detect the physiological characteristics of different oncidium varieties and to estimate the optimal environmental conditions for plant cultivation. At the same time, the actual cultivation in different environmental fields was used as a comparison. The test results showed that the tested variety *Colmanara* Massai 'White' was an average temperature type with day and night temperatures of 25/25℃, and the light intensity was about 200 μmol m^{-2} s^{-1}. *Miltonidium* Rosy Sunset was an average temperature type with a day and night temperature of 25/25℃, and the light intensity was about 400 μmol m^{-2} s^{-1}. *Odontobrassia* Kenneth Biven 'Santa Barbara' had a day and night temperature of 26/20℃, and the light intensity was about 300 μmol m^{-2} s^{-1}. The results show that the characteristic trend of the physiological detection system based on the response surface methodology could be used as a reference for the adjustment of cultivation management, and it could also greatly shorten the time for operators to try and explore, and speed up the selection of varieties.

Key words: Response surface methodology, Oncidium, Whole-plant measurement, Photosynthesis.

Received: October 24, 2022; Accepted: January 12, 2023.

[*] Corresponding author, e-mail: alinkarose@tari.gov.tw

[1] Assistant Research Fellows, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin County, Taiwan, ROC.

[2] Project Assistants, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin County, Taiwan, ROC.

[3] Research Fellow and Division Director, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin County, Taiwan, ROC.